

Суточный тонометр своими руками

Бараночников Михаил Львович.
г. Москва,
baranochnikov@mail.ru

Введение

Артериальная гипертензия (АГ) (гипертоническая болезнь или гипертония) - это стабильное повышение клинического систолического АД более 140 мм рт. ст. и/или диастолического АД более 90 мм рт. ст.

Заболеваемость АГ носит характер пандемии во всём мире. По данным ВОЗ на конец 2020 года гипертония имеется у 1,13 миллиарда человек в мире, но две пятых людей не знают о своём диагнозе, и только каждый десятый гипертоник получает лечение.

В Российской Федерации повышенный уровень АД имеют около 40% взрослого населения.

Опасность гипертонии заключается в развитии таких состояний, как инсульт или инфаркт миокарда, возникающих внезапно и являющихся жизнеугрожающими.

Изменение подобной ситуации возможно лишь при своевременном обследовании максимального числа больных АГ, в том числе, в условиях крайнего дефицита медицинской техники и медперсонала, особенно в малых населённых пунктах.

Обследование больных гипертонией традиционно основывается на измерении артериального давления во время визита к врачу или во время пребывания в стационаре. Однако, однократное определение АД даёт информацию лишь на отдельно взятый момент времени и не всегда отражает реальную клиническую картину.

Для успешного анализа артериального давления и выработки плана эффективного лечения важно отслеживать и регистрировать его уровень в домашних условиях и в течении «длительного» времени.

В настоящее время в медицинской практике широко применяется, т.н. суточное мониторирование артериального давления (СМАД), предоставляющее дополнительную информацию об уровне АД вне врачебного кабинета. Мониторинг артериального давления в течение суток позволяет уловить даже его небольшие колебания у всех категорий пациентов в условиях повседневной жизни.

Для осуществления суточного мониторирования АД используют специальные, программируемые, переносные аппараты (регистраторы АД). Процесс мониторирования АД заключается в следующем.

Медицинский работник устанавливает на теле пациента аппарат, который состоит из манжеты (такой же, как у обычного тонометра), соединительной трубки и электронного блока (регистратора) небольшого размера. Вес прибора составляет 100-300 г. В общем случае суточный монитор представляет собой тонометр с программированным временем включения/выключения прибора.

Пациент ведет обычный образ жизни по своему графику. Измерения артериального давления и пульса могут проводиться каждые 15-30 минут днем и каждые 30-60 минут ночью в зависимости от программы, задаваемой врачом. Результаты измерений заносятся в память прибора.

Суточный мониторинг АД проводится, как государственными, так и частными медицинскими учреждениями. В государственных поликлиниках, как правило, отмечается дефицит таких приборов, а очередь для принятия данной процедуры может достигать нескольких недель. Для малых населённых пунктов такая услуга может быть только пределом мечтаний.

В коммерческих центрах стоимость суточного мониторинга АД составляет 2-2,5 тыс. российских рублей. При оказании такой услуги «на дому» стоимость увеличивается до 5 тыс. руб. и более.

Медицинскими учреждениями используются мониторы АД («холтеры»), промышленного изготовления, выпускаемые, в основном, зарубежными фирмами. Стоимость такого прибора составляет от 60 до 200 тыс. тысяч российских рублей и более.

В данной статье, в порядке обсуждения, предлагается возможный вариант использования для суточного мониторинга АД, имеющихся на руках у населения бытовых автоматических тонометров, подключаемых к персональному компьютеру через стандартный USB порт. Такими возможностями, например, обладают тонометры японской фирмы OMRON: Omron R7 (HEM-637-E7), Omron M8IT, Omron M10-IT, Omron Mit Elite Plus модель HEM 730-ITKE7. Заказать и купить тонометр можно, используя возможности Интернета.

Персональный компьютер (ноутбук, планшет) и интернет сегодня не являются диковиной даже в небольших и отдалённых населённых пунктах. Программное обеспечение, как правило, фирмы размещают на своих сайтах и представляют бесплатно.

В самом простейшем случае, в любом из приведенных выше промышленных тонометров, необходимо просто изменить программу, зашитую в память прибора. Но такого решения потребитель позволить себе не может.

(Автор предлагал в июле 2021 года специалистам фирмы Omron и (www.omron.com/information) и “СиЭс Медика ТехЭксперт” (csinfo@csmedica.ru) решить этот вопрос простейшим способом, но ответа от специалистов фирмы не последовало).

Второй вариант реализации предлагаемой идеи, вполне реализуемый радиолюбителями, - это дополнить серийный тонометр циклическим реле времени (ЦРВ).

В данном случае для проверки реализации предлагаемой идеи использовался тонометр R7 фирмы Omron, который оказался в распоряжении автора.

OMRON R7 представляет собой компактный, полностью автоматический измеритель артериального давления на запястье. Он измеряет артериальное давление и частоту пульса, прибор способен хранить в памяти 90 измерений АД, включая дату и время. Ток потребления тонометра в момент закачки манжеты составляет 240-250 мА, а в момент измерения АД - 18 - 20 мА.

Тонометр OMRON R7 оснащен разъемом для подключения к компьютеру и мини-принтеру OMRON. С помощью разъема можно перенести данные из памяти тонометра в специальную программу. Программное обеспечение (ПО) позволяет просматривать, анализировать и распечатывать значения измерений артериального давления и пульса.

(Прибор снабжен позиционным датчиком, который в данном случае должен быть выключен).

Программное обеспечение доступно только на английском языке. USB-кабель и мини-принтер компании OMRON приобретаются дополнительно. ПО которое можно скачать на сайте официального дистрибьютора Компании OMRON - ЗАО “КомплектСервис” www.csmedica.ru.

Рис. 1. Внешний вид тонометра R7 фирмы Omron.



С технической точки зрения этот промышленный тонометр необходимо было «заставить» работать в циклическом режиме. Для чего используется простейшее реле времени.

В качестве рабочей версии был принят следующий режим работы суточного тонометра: 36 измерений АД и пульса в течении суток, т.е. должно производиться одно измерение указанных параметров, каждые 40 минут.

Циклическое реле времени.

Принципиальная электрическая схема циклического реле времени приведена на рисунке

2.

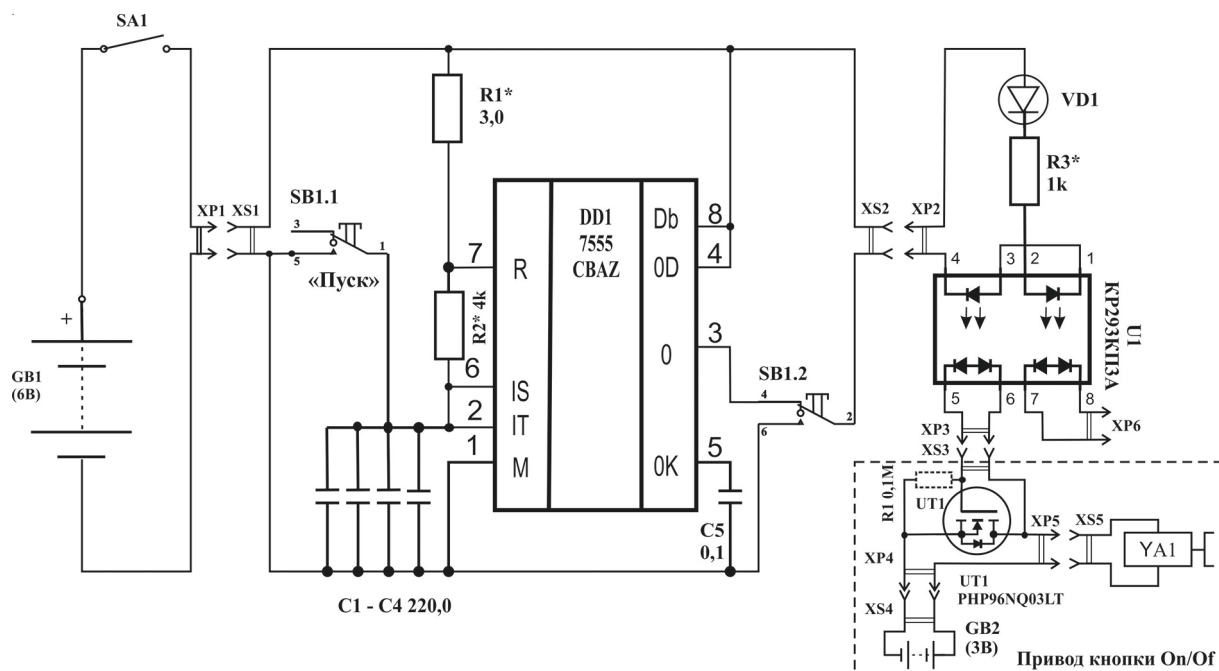


Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема циклического реле времени.

В качестве основного элемента схемы (рис.1) использована интегральная ИС таймера серии ICM7555CD (DD1). Этот тип ИС был выбран из-за минимального тока потребления.

Схема (рис.1) не требует особых пояснений, т.к. таймер используется в типовом включении. Схема не содержит дефицитных деталей, применяются доступные элементы в бескорпусном исполнении, кроме U1. В качестве времязадающих используются 4 танталовых чип-конденсатора (C1-C4) емкостью 220 мкФ с рабочим напряжением 6В. В качестве нагрузки выхода таймера используется оптореле типа KP293KP3A (U1). Кнопка SB1, без фиксации, типа PS580N.

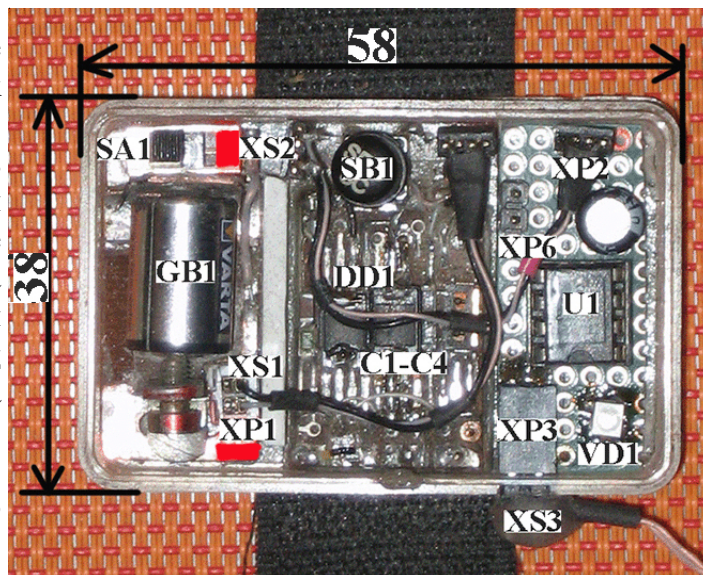
Цикл работы: 2 сек. включение (работа) и 40 минут ожидание (пауза).

Время ожидания определяется емкостью конденсатора (C1-C4) и величиной сопротивления резистора R1. Время включения определяется величиной резистора R2.

Схема питается от батареи GB1 напряжением 6 В (4LR44, емкость 155 мА/ч). Ток потребления схемы в режиме ожидания составляет, не более 80 мкА и не более 1 мА при включении оптореле (U1).

Для удобства моделирования, все элементы схемы размещались на 3-х макетных микроплатах, толщиной 1,5 мм. Платы помещались в пластмассовом корпусе, с габаритными размерами: 58 x 38 x 19 мм³. Масса, не более 40 г. Устройство размещается на руке пациента, для чего предусмотрен ремень «липучка». Внешний вид циклического реле времени приведен на рис. 3.

Рис. 3. Внешний вид циклического реле времени.



Принцип работы. После включения переключателя SA1 от батареи GB1 на схему подается рабочее напряжение. При нажатии на кнопку «Пуск» (SB1) разряжается конденсатор (C1-C4), а на оптопару U1 подается рабочее напряжение, что приводит к «замыканию контактов» 5-6 и 7-8 на 2 сек. Начинается отсчет времени ожидания. При первом включении время ожидания составляет, порядка 75 минут. Второе и последующие срабатывания происходят через каждые 40 минут. Количество срабатываний определяет пользователь. Устройство отключается переключателем SA1.

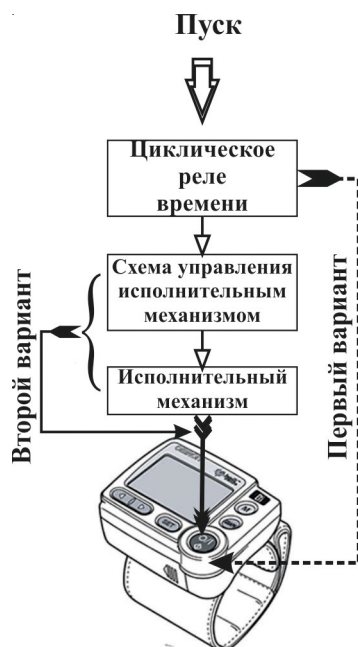


Рис. 4.

Исполнительное устройство или привод кнопки On/Off.

Принцип работы исполнительного устройства демонстрируется на рисунке 5.

Основным элементом исполнительного устройства является соленоид. Плунжер соленоида соединен с рычагом, закрепленном на петле. На рычаг «подвешен», т.н. «палец», который упирается в кнопку On/Off.

При получении команды от ЦРВ плунжер опускается вниз, а «палец» давит на кнопку, т.е. таким образом включает тонометр на 2 сек.. (После окончания измерения, примерно через 2 минуты тонометр автоматически отключается).

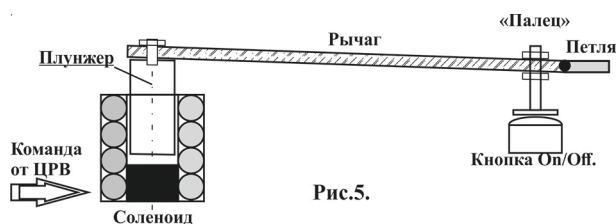


Рис.5.

Конструкторская документация на устройство автором не оформлялась. Было использовано только то, что было под руками. Соленоид приобретался на АлиЭкспресс. С соленоида снимались «лишние» элементы. (см. рис.6)



Рис.6.

В плунжере сверлилось отверстие в котором нарезались резьба M1,2 мм. В качестве «пальца» использован торцевой контакт от цоколя светодиодной лампы, а в качестве петли использованы детали от электромагнитного реле. Рычаг – отрезок латуни, толщиной 1 мм. Внешний вид исполнительного устройства приведен на рис. 7.



Рис. 7. Внешний вид исполнительного устройства.

Соленоидом управляет электронный ключ, построенный на МОП транзисторе типа PNP96NQ03 в корпусе SOT404. У данного транзистора минимальное сопротивление перехода во включенном состоянии, что очень важно при использовании низковольтного источника питания и низкоомной нагрузки. (см. рис. 2). Схема практически не требует наладки.

Ключ питается от отдельного источника с напряжением 3В, ток срабатывания соленоида составляет 0,45 А. Схема управления размещена на отдельной микроплате с габаритными размерами 23 x 18 мм. Плата размещается под соленоидом. Внешний вид платы приведен на рис. 8.

Довольно непростой оказалась задача выбора источника питания ключа. Было проверено несколько источников с напряжением 3В (CR2450, 3В, 610 мА/ч; 675, 1,4В, 610 мА/ч и др.), формально подходящих по емкости, но имеющие меньшие габаритные размеры. Однако эти источники не смогли работать на низкоомную нагрузку.

Наиболее оптимальным оказалось использование обычных элементов серии ААА. Как показали результаты проверки, стандартные элементы выдерживают 100 и даже более циклов включений соленоида.

Можно запитать соленоид от элементов питания используемого тонометра, но в данном варианте конструкции соленоид запитывался от отдельной пары элементов типа ААА, расположенной в специальном отсеке. При использовании источников питания тонометра батарейный отсек демонтируется. (См. рис. 9.)

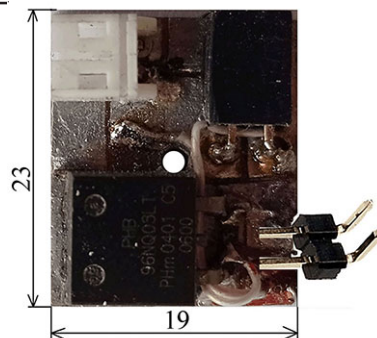


Рис. 8



Рис. 9. Внешний вид устройства управления кнопкой On/Off.



Рис. 10. Внешний вид устройства управления кнопкой On/Off , установленный на тонометре R7 фирмы Omron. (вид спереди).



Рис. 11. Внешний вид устройства управления кнопкой On/Off , установленный на тонометре R7 фирмы Omron. (вид сзади).

Исполнительное устройство (устройство управления кнопкой On/Off) монтируется на металлическом каркасе и размещается на тонометре при помощи скобы с одним стягивающим винтом. Максимальные размеры: 112 x 100 x 20 мм³. Вес не более 130 г. Исполнительное устройство соединяется с реле времени двухпроводным кабелем с разъемами. (См. рис. 10 и 11.)

Вместо заключения

1. В данной публикации рассматриваются только только технические аспекты решения поднятой проблемы. Медицинские аспекты излагаются в специализированной литературе. [См. 1-4].

2. Подобные исследования (СМАД), в первую очередь, показаны пациентам, которых мучают постоянные болевые ощущения в груди со стороны сердца, покалывания или щемление, ощущение сердечного дискомфорта.

Результаты исследований обязательно должны быть представлены врачу, так как являются только первичным материалом. На основании всей информации только врач имеет возможность оценить вероятность артефакта и исключить сомнительные результаты из анализа. Поэтому не пытайтесь самостоятельно осуществлять диагностику на основании полученных результатов,

3. По согласованию с врачом результаты исследований могут быть занесены в электронную карту пациента.

4. Результаты суточного домашнего мониторинга АД открывают возможность дистанционной диагностики и консультации со специалистами медицинских центров.

5. Необходимо учитывать, что аппараты, для измерения артериального давления на запястье менее точны, чем плечевые, а поправочные величины могут существенно отличаться у разных людей.

6. Техническая документация на устройство автором не оформлялась, т.к. реализация идеи целиком зависит от возможностей исполнителя.

7. При использовании современной элементной базы габаритные размеры реле времени могут уменьшены, до размера, например, наручных часов, а вместо соединительного кабеля информация от ЦРВ может передаваться исполнительному устройству по Bluetooth.

Литература

1. Суточное мониторирование артериального давления. Пособие для врачей. ГОУ ДПО СПб МАПО, 122 Клиническая больница г. Санкт-Петербурга ООО «Компания Нео», 46 с. http://valenta.spb.ru/download/public/met_BP.pdf?ysclid=l4cn4bp2i1485985605
2. Суточное мониторирование артериального давления – основной метод диагностики артериальной гипертензии. Бушмелева Е. Ю. БУ РО «КБ им. Н.А. Семашко». Отделение функциональной диагностики. [http://old.xn--62-6kct0akqt0e.xn--plai/naucno-popularnye/funkcionalnaa-diagnostik/sutocnoe-monitorirovanie-arterialnogo-davlenia-osnovnoj-metod-diagnostiki-arterialnoj-gipertenzii?](http://old.xn--62-6kct0akqt0e.xn--plai/naucno-popularnye/funkcionalnaa-diagnostik/sutocnoe-monitorirovanie-arterialnogo-davlenia-osnovnoj-metod-diagnostiki-arterialnoj-gipertenzii?ysclid=l4cn2irxmg880906590)
3. Современные возможности эффективного контроля артериального давления в клинической практике. Павлова О.С., Нечесова Т.А., Ливенцева М.М., Коробко И.Ю., Мрочек А.Г. https://vk.com/wall-163734775_31173?ysclid=l4cn2irxmg880906590
4. Технологии продолжительного мониторинга артериального давления: перспективы практического применения | Новости и события мира телемедицины, mHealth, медицинских гаджетов и устройств (evercare.ru). Г.С. Лебедев, И.А. Шадеркин, Э.Э. Порубаева, А.И. Шадеркина. Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет). <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-prodolzhitelnogo-monitoringa-arterialnogo-davleniya-perspektivy-prakticheskogo-primeneniya/viewer>